
Lakumattolinjan pakkauskoneen logiikan uusiminen



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Kone- ja tuotantotekniikan ko.

Riihimäki, kevät 2017

Keijo Vuorio



RIIHIMÄKI

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Kone- ja tuotantotekniikka

Tekijä

Keijo Vuorio

Vuosi 2017

Työn nimi

Lakumattolinjan pakkauskoneen logiikan uusiminen

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tarkoituksena oli lakumattolinjan pakkauskoneen logiikan uusiminen Oy Halva Ab:lle Pitäjänmäkeen Helsinkiin. Tavoitteena oli uusia lakumattolinjan päässä sijaitsevan pakkauskoneen logiikkaohjain ja olla mukana auttamassa logiikkaohjelman tekoa.

Logiikan uusimiselle oli tarvetta varaosien heikon saatavuuden takia ja tuotantovarmuuden lisäämiseksi. Samalla pakkauskoneesta uusittaisiin muitakin komponentteja.

Työhön kuului sopivan logiikkaohjaimen valinta ja logiikan ohjelmointi pakkauskoneelle. Työ vaati perehtymistä pakkauskoneen toimintaan, ohjauslogiikoihin ja niiden ohjelmointiin. Aineistoa kerättiin eri kirjoista sekä internetistä. Apuna toimi myös omronin logiikkoihin perehtynyt asiantuntija.

Työn avulla saataisiin modernisoitua pakkauskoneen toimintaa sekä lisätäisiin koneen tuotantokykyä, koneen varmemman toimintakyvyn vuoksi. Samalla saataisiin helpotettua pakkauskoneen huoltotarvetta. Uudemman logiikkajärjestelmän takia koneeseen on tulevaisuudessa helpompi saada varaosia ja tuotetukea, jos sille on tarvetta.

Työn lopputuloksena on valmis pohja pakkauskoneen logiikan modernisointiin. Uudet logiikan komponentit ovat valmiina asennusta varten ja pohjatyö on tehty logiikan uusimiselle. Seuraava toimenpide prosessissa on ohjelman valmistaminen ja komponenttien asennus.

Avainsanat Ohjelmitava logiikka, anturi, lohkokaavio, pakkauskone

Sivut

36 s. + liitteet 4 s.

Riihimäki

Mechanical Engineering and Production Technology

Author

Keijo Vuorio

Year 2017

Renewing packing machine`s logic of liquoricebar production line

ABSTRACT

The purpose of this thesis was to renew the logic controller of the packing machine in the liquoricebar production line of Oy Halva Ab at Pitäjänmäki in Helsinki. The aim was a modernization of the logic controller of the packing machine at the end of the production line and to assist to create the logic program.

There was a need for the renewal of the logic due to a lack of spare parts and the need to secure production. At the same time, the intention was to replace some other parts in the packing machine too.

The project involved selecting a suitable logic controller and programming the logic program for the packing machine. The work required exploring the operation of the packing machine, the logic controls and programming these. The material was collected from various books and from the Internet. A specialist on Omron`s logic assisted the author in the finalisation of this project.

This would make it possible to modernize the packing machine's operation and increase the machine's production capacity, with a better performance of the machine. At the same time, it would be easier to maintain the packing machine. Due to the newer logic system, it will be easier to get spare parts and product support in the future if needed.

As an outcome of this work a base was created for modernizing the logic of the packing machine. The new logic components are now ready for installation and the groundwork has been done to renew the logic. The next step in the process would be to code the program and to install the components.

Keywords Programmable logic controller, sensor, block diagram, packing machine

Pages 36 p. + appendices 4 p.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
1.1	Työn tausta	5
1.2	Työn toteutus.....	6
2	OY HALVA AB.....	7
3	OHJELMOITAVA LOGIIKKA.....	8
4	OHJELMOITAVA LOGIIKKALAITTEISTO.....	9
5	ANTURIT JA KYTKIMET	11
5.1	Rajakytkimet	13
5.2	Paine- ja lämpötilakytkimet	14
5.3	Sähkömekaaniset kytkimet.....	15
5.4	Lähestymiskytkimet	15
5.4.1	Induktiiviset lähestymiskytkimet.....	16
5.4.2	Kapasitiiviset lähestymiskytkimet.....	17
5.4.3	Optiset lähestymiskytkimet	18
5.5	Pulssianturi	19
6	JÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU	20
7	LOGIIKKATYYPIT	22
7.1	Askeltava logiikka.....	23
7.2	Ohjelmoitava logiikka	23
7.2.1	Käskylistaohjelmointi.....	23
7.2.2	Tikapuukaavio	24
7.2.3	Toimintalohkokaavio.....	24
8	JOMET PAKKAUSKONE	24
9	JÄRJESTELMÄKUVAUS	25
10	VANHAN LAITTEISTON KARTOITUS	31
11	UUSI LAITTEISTO	32
12	TYÖN EDISTYMINEN.....	33
13	YHTEENVETO	34
	LÄHTEET	35

Liitteet

Liite 1 IO-lista Lakritsipatukoiden pakkauskone

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Opinnäytetyö tehtiin Oy Halva AB:lle Helsinkiin Pitäjänmäkeen. Yritys oli päättänyt uusia lakumattolinjan päässä sijaitsevan pakkauskoneen ohjelmointilogiikan. Opinnäytetyön tarkoituksena oli kartoittaa pakkauskoneeseen sopiva logiikkaohjaimen malli ja olla mukana prosessissa, jossa logiikkaohjaimen ohjelmoidaan uusi logiikkaohjelma.

Pakkauskoneessa ollut logiikkaohjain sekä muut komponentit olivat vanhentuneita ja niihin oli hyvin vaikea saada enää varaosia sekä tuotetukea. Tämän vuoksi toimeksiantaja päätti, että logiikkaohjain vaihdetaan ja koneeseen ohjelmoidaan uusi logiikka sekä samalla uusitaan myös muita pakkauskoneen osia. Pakkauskoneen logiikkaohjaimena toimi vanha Festo Electronicin FPC-405 malli.

Koneessa olleessa vanhentuneessa logiikkaohjaimessa ei ollut nykyaikaisia liitäntöjä, joten siihen ei saanut yhdistettyä tietokonetta ilman oikeanlaista liitintä, jolloin logiikkakaavion saaminen näkyviin digitaalisesti ei onnistunut. Onneksi kuitenkin vanhoja paperiversioita löytyi vielä, joista sai osittain selville koneen toimintaperiaatteen. Tämän takia uusi logiikkaohjelman suunnittelu aloitettiin käytännössä alusta.

Pakkauskoneen toimintavarmuus on yhtiölle hyvin tärkeätä tuotteiden toimituksen kannalta. Ilman konetta useampien tuotteiden toimitus jouduttaisiin katkaisemaan ja tappiot olisivat suuria. Tiettyjen komponenttien hajoaminen tarkoittaisi niiden tilaamista ulkomailta, jolloin toimitusajat voisivat kestää pitkään, jos niitä edes olisi saatavilla ja näin tappiot kasvaisivat. Tämän takia tilaajayritys halusi uudistaa pakkauskoneen eri komponentteja sekä logiikkalaitteiston, jotta tältä vältyttäisiin.

Vanhalle logiikalle oli saatavilla heikosti tuotetukea, jolloin esimerkiksi vian etsintä oli hankalaa. Uuden logiikkalaitteiston myötä tuotetuki paranee huomattavasti. Tämä oli myös yksi syy miksi tilaajayritys halusi uudistaa logiikkalaitteiston. Pakkauskoneen logiikan uusimiselle oli siis iso tarve tulevaisuuden varalle.

Logiikan uusimisen myötä myös sen ohjelmointi helpottuu huomattavasti, kun siihen on saatavilla nykyaikaiset ohjelmointiohjelmat. Projektin lopuksi tilaajayrityksellä on itsellään mahdollisuus muokata logiikan ohjelmistoa sen tarpeisiinsa nähden.

1.2 Työn toteutus

Työssä tutustutaan ohjelmoitavien logiikoiden toimintaperiaatteisiin ja niiden käyttösovelluksiin sekä myös hieman erilaisiin logiikkalaitteistoiden ominaisuuksiin. Työn tarkoituksena on saada logiikkaohjain uusittua nykyaikaisempaan sekä olla mukana ohjelmoimassa pakkauskoneeseen uusi logiikkaohjelma, jolloin koneen toimivuus varmenee sekä sen tuotantovarmuus lisääntyy.

Työtä lähdettiin toteuttamaan keskustelemalla henkilökunnan kanssa, mitä pakkauskoneeseen tultaisiin tekemään ja minkälaisella aikataululla tämä toteutettaisiin. Tämän jälkeen aloitettiin kartoittamaan erilaisia vaihtoehtoja logiikan valinnassa sekä samalla perehdyttiin pakkauskoneen ja logiikoiden toimintaan.

Työn alussa oli tärkeä oppia pakkauskoneen toimintaperiaate ja mitä toimintoja työntekijät vaativat koneelta esimerkiksi erilaisten asetuksien oppiminen. Tutustuin aluksi koneen eri toimintoihin ja keskustelin tuotantotyöntekijöiden kanssa koneen eri toiminnoista samalla kun tuotanto oli käynnissä. Tämä auttoi huomattavasti hahmottamaan koneen toimintaa, kun sen näki toiminnassa tuotannossa.

Logiikkaohjaimeksi oli alussa vaihtoehtoina muutama malli eri valmistajilta, mutta pääsimme yhteisymmärrykseen hyvin nopeasti. Logiikkaosien tilauksen saapumista odotellessa perehdyin pakkauskoneen toimintaan sekä logiikkaohjaimien toimintaperiaatteeseen. Etsin tietoa aihealueen kirjoista sekä internetistä.

Työ toteutettiin toiminnallisena prosessina. Työssä selvitettiin prosessin ongelmakohdat, joita lähdettiin kehittämään.

2 OY HALVA AB

Tilaajayritys Oy Halva Ab on vuonna 1931 perustettu suomalainen makeisten valmistaja. Halva on tunnettu Suomalainen karkkitalo, joka on toiminut läpi historian perheyriksenä. Yhtiön johdossa on nykyään jo kolmas sukupolvi. Sen tunnetuimpia tuotteita ovat vanhat autot ja lakritsimatto. Yritys tunnetaan parhaiten lakritsistaan ja salmiakkimakeisista. Yrityksen nimi tulee kuitenkin halva tuotteesta, jota yritys valmistaa vielä tänäkin päivänä.

Keskisuuri perheyrius työllistää hiukan alle sata työntekijää. Sen liikevaihto vuonna 2014 oli 12,1 miljoonaa euroa. Viennin osuus on hyvin tärkeä yritykselle ja se onkin jopa 35% koko volyymista. Tärkeimmät vientimaat ovat Pohjoismaat, Saksa, USA, Espanja ja Hollanti. Yhtiön pääkonttori ja varasto sijaitsevat Vantaan Pakkalassa ja tuotantolaitos sekä pakkaamo Helsingin Pitäjänmäessä, jonne tämä opinnäytetyö myös tehtiin. Kummassakin kohteessa sijaitsevat myös tehtaanmyymälät. (OY Halva AB)



Kuva 1 Halva Pitäjänmäen tehdas

3 OHJELMOITAVA LOGIIKKA

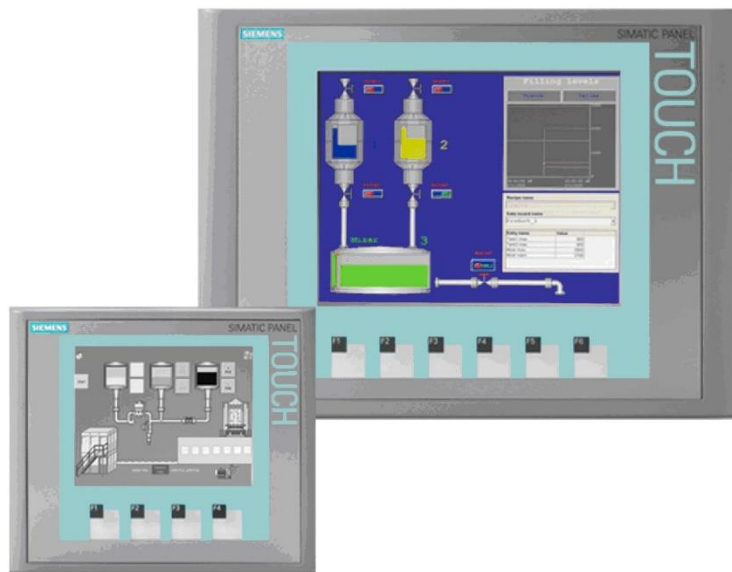
Ohjelmoitava logiikka (Programmable Logic Controller) PLC on laite, joka säätää ja ohjaa automaatioprosesseja mikroprosessorin avulla. Se on saanut alkunsa 1970-luvulla Amerikan autoteollisuudesta. Mallimuutoksia tuli vuosittain niin paljon, että tuotanto-ohjelmien muuttaminen niin usein ei ollut enää järkevää reletekniikalla, joten tähän haluttiin löytää erilainen keino. Ohjelmoitavilla logiikoilla koneiden ohjaus pystyttiin muuttamaan nopeammin sekä helpommin mitä se reletekniikalla oli mahdollista. (Värjä & Mikkola 1995.) (Kataja & Metsikkö 1985, 19.)

Logiikoita käytetään esimerkiksi erilaisten NC-koneiden, kappaletavaroiden pakkauksessa sekä koneiden ja kuljettimien ohjauksissa. Erilaiset anturit, kytkimet ja koskettimet, jotka ovat liitettynä logiikkaan antavat erilaisia tietoja mittausrvoista ja toimintatiloista. Logiikkaohjelma ohjaa näiden tietojen avulla esimerkiksi merkkilamppuja syttymään, moottoreita käynnistymään tai sylintereitä työntymään. Logiikassa ei ole kiinteää langoitusta, joka määräisi miten se toimii, jolloin sitä on erittäin helppo muunnella. Logiset toiminnot kirjoitetaan ylös, jotka ohjauksessa halutaan toteutuvan. Nämä käskyt ovat toimintaohjeita keskusyksikölle ja ne määrittelevät sen miten kone toimii. Nykyiset keskusyksiköt käyvät erilaiset käskyt niin nopeasti läpi, että ne ehtivät toteuttaa koko ohjelman monta tuhatta kertaa sekunnissa. Koska ohjelmat ovat muunneltavissa nopeasti, niin samalla koneella pystytään tekemään montaa erilaista tuotetta pelkästään muuttamalla ohjelmaa. (Värjä & Mikkola 1995, 5-6.) (Kataja & Metsikkö 1985, 22-23.) Nykyaikaiset ohjelmoitavat logiikat ovat hyvin samankaltaisia. Niitä on erikokoisia. Suurissa logiikoissa voi jopa tuhansia tuloja ja lähtöjä, kun taas pienimmissä niitä on vain parikymmentä. Eri valmistajilla on myös erilaiset ohjelmointiohjelmat, mutta ne ovat hyvin samalaisia koska ne perustuvat kansainvälisen standardin IEC 61131-3 ohjelmointi kieleen. Jos oppii yhden valmistajan ohjelmakielen osaa myös käyttää muidenkin valmistajien ohjelmia. (Ohjelmoitava logiikka)

4 OHJELMOITAVA LOGIKKALAITTEISTO

Teollisuuslaitoksissa ja erilaisissa yrityksissä on käytössä monen eri valmistajan erilaisia ohjelmoitavia logiikoita. Niiden toiminnot ovat kuitenkin samanlaisia loogisia operaatioita, vaikka niissä käytetäänkin eri ohjelmointikieliä, komentoja sekä käskyjä. Yleisimmät käytetyt merkit ovat Siemens ja Omron.

Sovellusohjelman laatimisen sekä antureiden ja toimintalaitteiden kytkemisen jälkeen ohjelmoitava logiikka kykenee toimimaan yksinään. Logiikoita voidaan myös liittää toisiinsa sarjavyölyn kautta, jolloin ne pystyvät vaihtamaan tietojan keskenään. Logiikoita pystytään myös seuraamaan sekä ohjaamaan erilliseltä näytöltä käyttöliittymästä, joka voidaan asentaa esimerkiksi valvomoon. Siinä voi olla erilaiset painikkeet tai nykyisin käytössä oleva kosketusnäyttö.



Kuva 2 Siemens s7 1200 ohjauspaneeli (Siemens n.d.).

Logiikoita voidaan myös ohjata ja seurata tietokoneelta tai älypuhelimesta. Käyttöliittymästä voidaan havaita koneen nykyinen tila sekä erilaiset ongelmatilanteet, jolloin ohjelma tekee automaattisesti hälytyksen.

Ennen kuin laite voi toimia täysin yksinään on käyttäjän tai suunnittelijan laadittava logiikkaohjelma, joka on ladattava logiikkaan. Ennen ohjelman laatimisessa käytettiin käsiohjelmointilaitteella, jossa on näppäimistö sekä pieni näyttö. Nykyisin se tehdään yleensä tietokoneella erillisellä ohjelmointiohjelmalla, josta se siirretään logiikkaan.

Yleisimmin modulaarisen ohjelmoitavaan rakenteeseen kuuluvat sähköläähde, prosessoriyksikkö sekä tulo- ja lähtöyksikkö. Järjestelmärakenne kootaan asennusalustalle, jota kutsutaan myös korttikehikoksi. Erilaisia liitäntäyksiköitä tarvitaan käyttökohteen mukaisesti.



Kuva 3 Siemen simatic s7-300 (Siemens n.d.).

Sähkölähteessä on normaalisti vaihtojännitesyöttöpaikka sekä maadoituspaikat. Yleensä sähkölähteessä on paikka josta saa 24 voltin tasajännitteen ulos. Tätä voidaan käyttää eri lähtöliitäntöjen sekä antureiden syöttöjännitteinä. Yksikössä on myös yleensä merkkilamppu (power) joka ilmaisee sen, kun jännitesyöttö on kytketty.

Prossoriyksikössä (CPU) on normaalisti erilaisia merkkivaloja, jotka ilmaisevat logiikan eri toimintatiloja, esimerkiksi RUN osoittaa, kun järjestelmä on normaalitilassa tai ERR, joka ilmaisee jostakin virheestä. Yksikössä on paristo, joka varmistaa sen, että RAM-muistissa olevat tiedot säilyvät vaikka syöttöjännite katkeaisikin. Yleensä prosessoriyksikössä on myös muutama kiinnitysportti, joihin voidaan kytkeä erilaisia laitteita. Tällaisia voi esimerkiksi olla oheislaitteportti, usb-portti johon voidaan kytkeä tietokone tai ethernet portti, jolla saadaan yhteys internettiin sekä sarjaliikenneportti.

Tuloyksikössä on eri määrä tuloliitäntöjä riippuen logiikasta. Näihin voidaan kytkeä tulopuolenlaitteet: anturit, rajakytkimet sekä relekoskettimet yms. Yksikössä on myös yleensä merkkilamppuja, jotka palavat silloin kun kussakin paikassa tulokanava on 1-tilassa.

Lähtöyksikkö on hyvin saman näköinen tuloyksikön kanssa. Yksiköitä on erikokoisia, yleisin käytetty on 16-kanavainen rele tai transistorilähtöjä. Lähtöyksikössä on merkkilamppuja samaan tapaan kuin tuloyksikössä, jotka palavat kunkin lähtöreleen vetäessä. (Värjä & Mikkola 1995, 8-10.)

Ohjausjärjestelmä saa tietoja erilaisista antureista ja kytkimistä. Anturit keräävät erilaista tietoa ohjattavasta prosessista ja ohjattavan laitteen tilasta logiikan käytettäväksi.

Tietojen perusteella ohjausjärjestelmä ohjaa halutulla tavalla erilaisia prosessiin kuuluvia toimilaitteita. Erilaisia toimilaitteita joita logiikka ohjaa voi olla esimerkiksi erilaiset moottorit tai sylinterit. Näistä antureista ja toimilaitteista käytetään nimitystä ”kenttälaitteet”. (Keinänen 2007.)

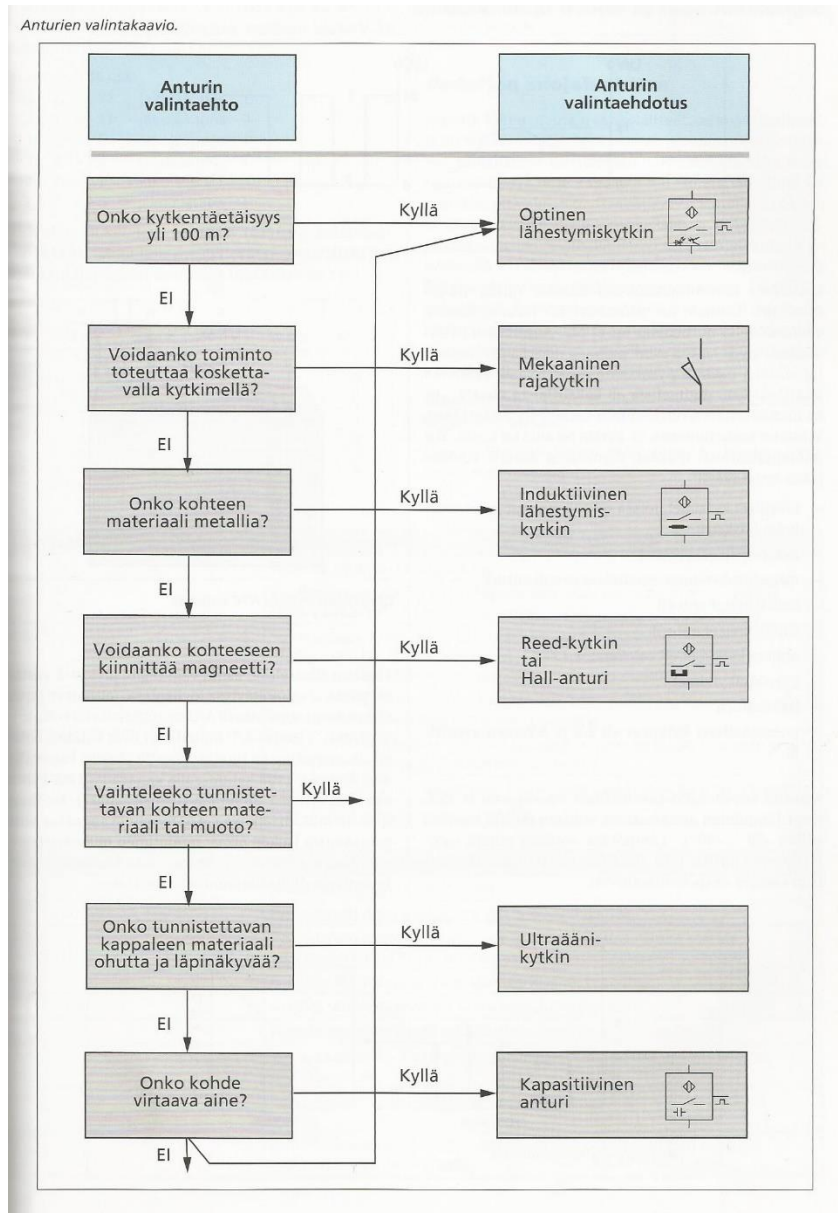
5 ANTURIT JA KYTKIMET

Erilaisten antureiden avulla saadaan mitattua ohjattavasta prosessista tai laitteesta erilaisia suureita, joita anturi sitten muuttaa digitaali- tai analogia-viestiksi. Nämä suureet voivat olla esimerkiksi paine, lämpötila, pyörimisnopeus tai kappaleiden lukumäärä. Yleisesti useimpien antureiden antama tieto on yhden bitin ON/OFF-tieto, vaikkapa lämpötilan ylittyminen. Markkinoilla on myös olemassa antureita jotka lähettävät kahdeksan bitin viestiä, näin ne pystyvät ilmaisemaan kappaleen tarkan sijainnin tai muodon. Kappale tavaraa mitattaessa käytetään yleensä digitaalisia kaksitilaisia antureita. Ne pystyvät tunnistamaan kosketusta esimerkiksi väriä, liikettä sekä materiaalia.

Anturin tuntoelin eli mittauselin tai tunnistin, tunnistaa suureen arvon, jolloin anturiosa muuttaa tuloksen halutun laiseksi viestiksi. Analogin anturi viestii tasajännitteen tai virran avulla, jolloin se pitää muuntaa analogisen tuloliitäntäyksikön avulla digitaalitiedoksi ohjelmoitavalle logiikalle.

Ohjelmoitaviin logiikkoihin voidaan liittää myös monenlaisia kytkimiä, joilla on erilaisia tehtäviä. Mekaanisia kytkimiä voidaan käyttää ilmaisemaan koneiden ja moottoreiden toimintatiloja. Tavanomaisia mekaanisia kytkimiä ovat rajakytkimet, käynnistimet sekä lämpötilakytkimet

Anturia valittaessa tulee ottaa huomioon muutamia asioita. Kuinka pitkä on kytkentäetäisyys? Onko mekaaninen vai digitaalinen anturi parempi? Mitä materiaalia kohde on? Anturin valinta voi olla jossakin tilanteessa haastavaa, jolloin erilaisista taulukoista ja kaavioista on hyötyä.



Kuva 4 Anturien valintakaavio (Keinänen 2007, 189).

Tyypillisiä antureiden ongelmia on niiden epälineaarisuus ja häiriöalttius. Lämpötila on eniten häiriöitä aiheuttava tekijä. Myös esimerkiksi lika ja pöly aiheuttavat joissakin antureissa paljon häiriöitä.

Läsnäolon havaitsemiseen käytetään elektronisia lähestymiskytkimiä tai mekaanisia mikro- ja rajakytkimiä. Nämä kytkimet ovat kaksitila-antureita ja ne antavat on/off-kytkintietoa. Lähestymisanturi on kytkin, joka avaa tai sulkee virtapiirin kappaleen tullessa tarvittavan matkan päähän. Tunnistamiseksi kutsutaan etäisyyttä, jolla kytkentä tapahtuu. Kappale ei yleensä kosketa anturia.

Älykkäiksi antureiksi kutsutaan antureita, jotka parantavat signaalin laatua. Yleensä älykäs anturi sisältää mikroprosessorin ja pystyy: vahvistamaan, muuttamaan impedanssia ja suodattamaan aktiivikomponenteilla. Näin saadaan vähennettyä mittausvirheitä, voidaan määrätä mittausalue ohjelmallisesti, valita toimintamoodi sekä anturiin ja anturista voidaan ajaa digitaalista tietoa.

Älykkäät anturit liittyvät logiikkaa kenttäväylän kautta. Logiikan keskusyksiköiden, näyttöyksiköiden, etäälle sijoitettujen tulo- ja lähtöyksiköiden, antureiden ja toimilaitteiden liittämiseen on käytössä erityyppisiä kenttäväyliä. Kenttäväyläksi valitaan aina jokin yleisesti käytetty kyseiseen logiikkajärjestelmään sopiva kenttäväylä.

Kenttäväyliä ovat esim. ProfiNet, ProfiBus, Devicenet, ModBus ja EtherCAT. (Etähaastattelu Timo Karppinen 9.5.2017)

5.1 Rajakytkimet

Rajakytkimillä voidaan ilmaista koneen tai robotin työliikkeiden eri rajat, esimerkiksi oven tai luukun avautuminen sekä sulkeutuminen. Erilaisia rajakytkimiä on muutamanaista mallia. Yhdessä mallissa on sisäänpäin työntyvä tappi. Tapin painautuessa alas kytkin vaihtaa koskettimien tilat. Mikrokytkimeen on yleisesti merkitty kirjaimilla amerikkalaiseen tapaan: NC= normal closed, NO= normal open ja C= common. Toisessa mallissa on rulla ja kiertyvä vipu, jota kappale kääntää osuessaan siihen. Rajakytkimen sisällä on mikrokytkin, jossa on vaihtokytkimet. Molempien mallien vastavoimana toimii jousi. Kun rajakytkin on asennettu oikein, eikä lähestyvä kappale pääse vahingoittamaan tappia joko painamalla sitä liian voimakkaasti tai vääntämällä vipua liian pitkälle, kestävät kytkimen koskettimet kymmeniä miljoonia sulkeutumiskertoja.

Vaativiin olosuhteisiin on myös olemassa kytkimiä, jossa koskettimissa on erikoispinnoitus esimerkiksi kullatut kärjet. Mekaanisten rajakytkin etuutena voidaan pitää niiden edullisuutta ja niiden virrankestoa. Haittoina taas on epätarkkuus, suuri koko sekä hitaus. (Värjä & Mikkola 1995, 85-86.) (Keinänen 2007, 192.)



Kuva 5 Omron rajakytkin rullavivulla (Yeint n.d.).

5.2 Paine- ja lämpötilakytkimet

Paineanturit nimensä mukaisesti seuraavat mitattavaa painetta. Asetetun arvon ylittyessä koskettimet vaihtavat tilaansa. Jos mitattu arvo pysyy asetetun alapuolella, kosketin pitää saman tilansa.

Prosessianturit kuten lämpötila- ja painekykimet ilmaisevat mitattavan suureen raja-arvojen ylityksen tai alituksen. Virta- tai jänniteviestejä lähettäviä analogisia lähettämiä tai antureita käytetään, kun prosessisuureesta tarvitaan jatkuvaa tietoa. Nämä analogiset anturit tai lähettimet kiinnitetään ohjelmoitavan logiikan analogiseen tuloliityntäyksikköön.

Yksinkertaistetussa painekykimessä paine työntää joustavaa kalvoa ja sen takana olevaa tukilevyä samalla puristaen jousta kokoon. Paineen ylittäessä asetetun raja-arvon, mikrokytkimen kosketin kääntyy. Paineekykimen kotelon muotoilulla estetään mikrokytkimen ja kalvon rikkoutuminen hetkellisen ylipaineen aikana.

Samalla tavalla kuin paineanturi seuraa painetta niin lämpötila-anturi seuraa lämpötilaa. Lämpötilan saavutettua asetetun arvon, mikrokytkimen kosketin kääntyy. Lämpötilan pysytellessä asetetun arvon alapuolella kytkin pysyy alkuperäisessä tilassaan.

Höyrynpaineeseen perustuvan lämpötila-anturin toimintaperiaate eroaa hieman paineanturista. Anturin sisällä on herkästi höyrystyvää nestettä. Nouseva höyry pääsee kapillaariputkea pitkin suoraan palkeeseen. Lämpötilan noustessa myös höyrynpaine nousee, jolloin palje laajenee ja samalla puristaa jousta kokoon.

Lämpötilan ylittäessä ruuvilla asetetun raja-arvon mikrokytkimen kosketin kääntyy. Kosketin kääntyy takaisin, kun lämpötila tippuu raja-arvon alapuolelle. Palkeen lämpeneminen ei aiheuta virhettä koska anturin höyrynpaineeseen vaikuttaa vain nestepinnan lämpötila.

Nykyään käytetään kuitenkin suurelta osin elektronisia lämpötilakytkimiä, joissa vastusanturit toimivat tuntoeliminä. Elektroniset kytkimet ovat paljon tarkempia kuin mekaaniset ja ne ovat myös yleensä edullisempia. (Värjä & Mikkola 1995, 87.) (Grispin 1997, 39.)

5.3 Sähkömekaaniset kytkimet

Kiinnittämällä kestopagneetti tutkittavaan kohteeseen voidaan anturia ohjata ilman mekaanista kosketusta. Tällöistä magneetilla ohjattavaa kytkintä kutsutaan reed-kytkimeksi eli kielikytkimeksi. Tiiviin lasiputken sisällä hermeettisesti suljettu kaksi ferromagneettista liuskaa ovat lepotilassa irti toisistaan. Lasiputki täytetään tavallisesti tyhjiöllä, mutta joskus sen sisällä on myös tyhjiö. Tämä ehkäisee kytkin kärkien hapettumista, joka parantaa kytkimen elinikää huomattavasti. Magneetin tullessa putken viereen, liuskat magnetoituvat ja ne painautuvat yhteen. Yhteen kytkeytyminen tapahtuu noin alle yhden millisekunnin. Magneettikentän pienentyessä kielet erkaantuvat toisistaan, mutta vähän hitaammin kuin yhteen painautuessaan. Lasiputken sisällä voi olla useampia kielipareja rinnakkain.

Reed-kytkimen tyypillinen kytkentäetäisyys on yleensä noin 5-10 mm. Katkaisuetäisyyden ollessa hieman suurempi noin 10-15 mm. (Värjä & Mikkola 1995, 88.)

Nestepintoja havaittaessa käytetään uimurikytkintä. Se välittää kestopagneetin avulla uimurin asentotiedon säiliön ulkopuolelle. Magneettiparin asennuksessa saman merkkiset navat tulevat vastakkain, jolloin ne hylkivät toisiaan. Jotta magneettivuodot vaimenisivat mahdollisimman vähän, kytkimen kotelon materiaalina käytetään antimagneettista metallia.

Nestepinnan noustessa myös uimuri nousee mukana ja samalla sen varteen kiinnitetty magneetti kääntyy alaspäin. Sen tullessa kotelon sisällä olevan magneetin kohdalle, sisällä oleva magneetti kääntyy nopeasti ylöspäin. Jolloin vipu painaa mikrokytkintä, joka saa koskettimien tilan vaihtumaan. (Värjä & Mikkola 1995, 88.)

5.4 Lähestymiskytkimet

Lähestymiskytkin toimii elektronisesti ilman kosketinta eli se on elektroninen anturi. Se eroaa mekaanisesta kytkimestä siinä, että se kytkee kosketusta jo lähestymisvaiheessa.

Lähestymiskytkinten elinikä katsotaan käytännöllisesti olevan rajaton, koska niissä ei ole kuluvia mekaanisia osia. Kytkintä voi kuitenkin vaurioittaa sen väärä johdotus tai sähkölaji. Yleisemmin ongelmia kuitenkin aiheuttaa vaativa ympäristö, jossa on likaa, kosteutta tai poikkeuksellinen lämpötila.

Elektronisten lähestymiskytkinten etuutena on äänettömyys sekä niiden vaaka toiminta ympäristössä, jossa on tärinää. Yleistä mekaanisten kytkimien ongelmaa eli epävarmaa kosketustoimintaa ei elektronisilla kytkimillä esiinny. Kytkentäviiveet ovat hyvin lyhyitä lähestymiskytkimissä, kun käytetään tasasähköä. (Keinänen 2007, 193.)

5.4.1 Induktiiviset lähestymiskytkimet

Induktiivisen lähestymisanturin toimintaperiaate perustuu sen päässä olevaan oskillaattoriin. Se tekee tasajännitteestä vaihtojännitettä, joka synnyttää vaihtelevan magneettikentän kelan ympärille. Näin magneettikenttä häiriintyy tunnistusetaisytydellä.

Mikäli magneettikenttään tuodaan esimerkiksi metallia joka johtaa sähköä, syntyy induktiopyörrejännitettä. Oskillaattori vaimenee koska pyörrevirta ottaa LC-värähtelypiiristä energiaa.

Kytken perään kytetty elektroniikka muuntaa amplitudin pienenemisen sähkösignaaliksi. Tämä muuttaa lähestymiskytkentätilaa nollaksi tai ykköseksi. Värähtelyamplitudi kasvaa jälleen, jos materiaali poistetaan vaihtokentästä. Näin lähestymiskytkimen alkuperäinen kytkentätila palautuu elektronisesti.

Kytken säätäminen on helppoa läpikierteitetyn rakenteen ansiosta. Kytkimessä on yleisesti LED-valo, joka osoittaa toimintatilan. Lämpötila-alue on noin $-40...+70^{\circ}\text{C}$. Jännitealue on 10...40 VDC. Ulostuloina on joko PNP- tai NPN. Kytkimen etuutena on sen pieni rakennepituus. Induktiivisia lähestymiskytkimiä on erikokoisia ja ne määritellään kierteillä M5-M30. (Keinänen 2007, 193-194.)



Kuva 6 Induktiivinen lähestymisanturi (img.directindustry n.d.)

5.4.2 Kapasitiiviset lähestymiskytkimet

Kapasitiiviset lähestymiskytkimen käyttämä tunnistusmekanismin toiminta perustuu muuttuvaan sähkökenttään. Kytken etuutena on sen mahdollisuus havaita lähes kaikkia materiaaleja. Se on kuitenkin herkkä antamaan virhekytkentöjä, jos anturi pääsee likaantumaan tai se on kosteassa paikassa.

Anturissa oleva oskillaattori muuttaa tasajännitteen vaihtojännitteeksi, joka syöttää rengasmaiseen kondensaattoriin vaihtovirtaa. Tämän takia kondensaattorin elektrodien välille syntyy vaihteleva sähkökenttä, joka ulottuu myös anturin ulkopuolelle. Mitä suurempi on kondensaattorin kapasitanssi C , sitä suurempi on sen latausvirta. Kapasitanssiin vaikuttaa muun muassa levyjen välissä ja niiden lähellä olevan aineen permittiivisyys eli dielektrisyysvakio. Esineen tullessa anturin sähkökentän alueelle, muuttuvat kondensaattorin kapasitanssi sekä latausvirta, koska esineen dielektrisyysvakio on erilainen kuin alueella aiemmin olleen aineen. Vahvistinosa havaitsee tämän virranmuutoksen ja se ohjaa anturin päätetransistorin johtavaan tilaan. Anturissa on led-valo joka osoittaa anturin toimivuuden.

Tunnistettavan materiaalin dielektrisyys vaikuttaa sähkökenttään. Tyypillinen anturin havaintoetäisyys on noin 5-25 mm, mutta suuret anturi pystyvät tunnistamaan kappaleen jopa 100 millimetrin päästä. Materiaaleille on määriteltä oma eristevakio eli dielektrisyysvakio. Sitä lähemmäksi kappale on tuotava anturia mitä pienempi sen dielektrisyysvakio on. Esimerkiksi betonilla on suuri dielektrisyysvakio, kun taas paperilla ja muoveilla se on pieni. Kapasitiivisten antureiden käyttöä on vähentänyt valokennojen eli optisten lähestymiskytkinten kehitys.

Kapasitiivisten antureiden hyviä puolia

- Anturi tunnistaa metalliset sekä ei-metalliset kohteet
 - Tunnistaa materiaaleja ei-metallisten seinämien takaa
 - Omat mallit vaihto- sekä tasasähkölle
 - Laaja lämpötila-alue $-25 \dots +70^{\circ}\text{C}$
 - PNP-, NPN- sekä Triac -ulostulo
- (Keinänen 2007, 194.) (Värjä & Mikkola 1995, 91.)

5.4.3 Optiset lähestymiskytkimet

Optisia lähestymiskytkimiä kehitettiin, koska kaikkia lähestymiskytkimen soveltuvuusalueelle syntyviä tehtäviä ei voitu ratkaista muunlaisilla kytkentätyypeillä. Optisen lähestymiskytkimen kytkentäetäisyys on pitkä ja ne soveltuvat käytettäväksi materiaaleista heijastavina kytkiminä eli ilman heijastinta. Heijastimen kanssa niitä kutsutaan valokennoiksi. Optisen anturin lähetin lähettää joko infrapunavaloa tai näkyvää valoa kapeana sädekimpuna.

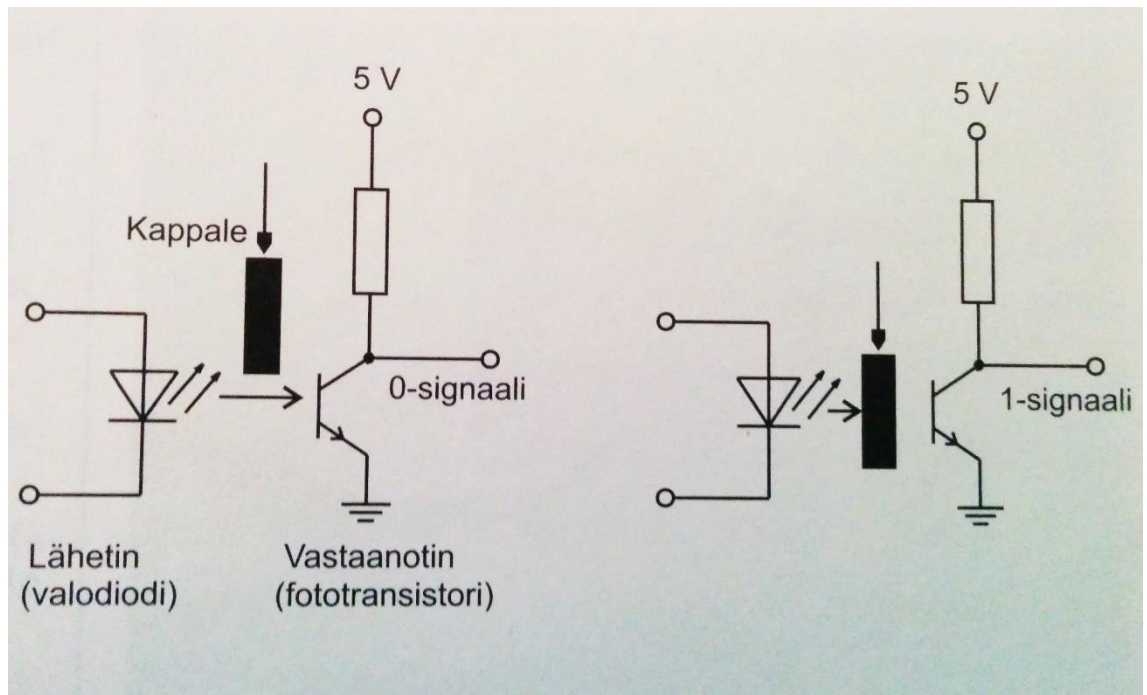
Optisia lähestymiskytkimiä käytetään

- Valoverhoina eli peilistä heijastavina
- Materiaalista heijastavina
- Merkintätunnistimina
- Valoportteina eli lähetin/vastaanottopareina

Kytkimen kaikki toimintaan tarvittavat komponentit (valolähetin, mittaus-elektroniikka, vastaanotin sekä vaihto- ja tasavirtavahvistin) ovat samassa kotelossa. Sähkövirran kulkiessa kytkimen läpi se tuottaa valoa. Ledit saadaan lähettämään valoa infrapuna-alueella. Vastaanottimessa valotransistori on viritetty infrapunavalon aallonpituuksille, juuri Ledien tuottaman valon takia.

Valokennojen tunnistusetäisyys voi olla jopa 50 m lähetin/vastaanotinparimalleilla. Joissakin kehittyneimmissä malleissa on itsediagnostiikka mukana. Ne lähettävät virheilmoituksen, jos säteen keskeytys kestää liian pitkään.

Optisia lähestymiskytkimiä käytetään tuotantolinjoissa muun muassa häiriöttömän toiminnan valvontaan, ohikulkevien kappaleiden laskentaan, ovi-automaatiikan ohjaukseen. Kytkin toimii infrapunavalon avulla, joka säteilee linssin kautta rekisteröitävään kohteeseen tai heijastimeen. Heijastunut valo kulkeutuu toisen linssin kautta vastaanottimeen, joka mittaa sen elektronisesti. Tällöin lähestymisen kytkentätila muuttuu (0 tai 1). Alkuperäinen kytkentätila palautuu, kun kohde poistuu kytkentäalueelta. Häiriösignaali- ja häiriövaloherkkyys ovat pieniä lähetin- ja vastaanottimelektroniikan synkronoinnin ansiosta.



Kuva 7 Optisen lähestymiskytkimen toiminta (Keinänen 2007, 197).

Optinen lähestymiskytkin voi havaita vain sellaisia kappaleita, joiden pinnasta heijastuu tarpeeksi valoa. Kohteen pinnanlaadulla on suuri merkitys kytkimen kytkentäetäisyyteen. Mitä parempi kohteen heijastuskyky on, sitä pidemmälle kytkin voidaan asentaa. Tasainen valkoinen pinta heijastaa huomattavasti paremmin valoa kuin mattamusta pinta. Kytkentäetäisyys voidaan säätää parhaaksi mahdolliseksi sisäänrakennetun potentiometrin avulla. Tällä tavalla saadaan poistettua ei-toivotut taustaheijastukset. Heijastuksia voidaan estää myös polarisoinnilla. Tämän kaltaisissa malleissa infrapunavalon lähetetään polarointisuodattimen läpi. Prismaheijastin kääntää valon polarointia, jolloin valokenno tunnistaa sen. Useimmissa optisen lähestymiskytkin malleissa voidaan asettaa vaihtokytkentä joko pimeälle toiminnalle (DP) tai valoisalle toiminnalle (LP). Pimeällä toiminnalla heijastus katkaisee kytkennän, jolloin se vastaa avautuvaa kytkintä. Valoisalla toiminnalla taas heijastus saa aikaan kytkennän, jolloin se vastaa sulkeutuvaa kytkintä.

Valokuituanturi on pienikokoinen ja sitä käytetään kohteissa joihin muut anturi eivät mahdu. Se kestää myös hyvin erilaisia lämpötiloja ($-30...+300^{\circ}\text{C}$) sekä magneettikenttiä. Valokuituanturi pystyy myös havaitsemaan hyvin pieniä kohteita. Asennusta helpottaa anturivalo, joka vilkkuu, jos lähetin tai vastaanotin on suunnattu väärin. Mikäli anturi likaantuu tai sen suuntaus muuttuu, hälytyslamppu syttyy. (Keinänen 2007, 196-197.) (Värjä & Mikola 1995, 93.)

5.5 Pulssianturi

Monissa kappaletavaraa mitattavissa sovelluksissa tarvitaan jatkuvaa tietoa kappaleen paikasta tai sen koosta. Näissä tapauksissa kaksitilaisen anturin antama tieto ei enää riitä, vaan tarvitaan jatkuvaa mittausta.

Anturit ovat joko absoluutti- tai inkrementaaliantureita. Inkrementaalianturi tarvitsee esimerkiksi laskurin aseman määrittämiseen, kun taas absoluuttianturi tunnistaa nollakohtansa eli kotiasemansa.

Pulssianturit muodostavat pulssijonon, joka on muutettavissa lineaarisiirtymäksi laskuriyksikön avulla. Se tarvitsee absoluuttisasemansa määrittämistä varten ohjelmoitavan logiikan, elektronisen laskurin tai mikrotietokoneen.

Suoraviivaista optista pulssianturia käytetään yleisesti työstökoneiden kelkkojen ja pöytien aseman mittaamiseen sekä tarkkuusmittalaitteissa.

Kiertymän pulssiantureilla voidaan mitata myös nopeutta, koska anturin pulssitaajuutta voidaan suoraan verrata pyörimisnopeuteen. (Keinänen 2007, 200-201.)

6 JÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU

Ohjattava laite asettaa erilaisia vaatimuksia ohjausjärjestelmän suunnittelussa. Ohjausjärjestelmän tarpeet ovat hyvin erilaiset verrattaessa valmistuksessa käytettävän koneen ohjausta ja myyntiin valmistettavan laitteen ohjausta keskenään.

Valmistuksessa käytettävän koneen ohjausjärjestelmä on hyvin pitkäaikainen investointi, jolla pyritään tehostamaan tuotantoa. Ohjausjärjestelmän tulee olla:

- Luotettava
- Laajennettavissa ja muunneltavissa
- Joustava
- Yhteensopiva uusien järjestelmien kanssa

Ohjausjärjestelmän suunnittelussa osaksi valmistettavaa tuotetta hinta ei välttämättä ole tärkein kriteeri. Myös esimerkiksi tuotteen valmistusmäärät, tarvittava valmistustekniikka ja tuotteen arvioitu elinkaari määräävät valinnassa huomattavasti.

Ohjausjärjestelmän suunnittelun alussa on hyvä hieman hahmottaa mitä tehtäviä ohjausjärjestelmän tulee pystyä suorittamaan. Joten aluksi on hyvä selvittää minkälaisia anturisignaaleja ja toimilaitteita ohjausjärjestelmän on kyettävä käsittelemään ja minkälaista tietoa järjestelmän on pystyttävä siirtämään käyttäjälle.

- Montako digitaalista anturituloa tarvitaan
- Tarvitaanko analogisten tulosignaaleiden käsittelyä
- Onko laitteessa suljettuja säätö- tai ohjauspiirejä
- Onko koneessa liikenneohjausjärjestelmiä
- Tarvitaanko väyläratkaisu (ovatko tulot ja lähdöt paikallisia)
- Minkälaiset käyttöturvallisuusvaatimukset tarvitaan
- Onko kaikki toimilaitteet ohjattavissa, on/off signaaleilla
- Minkälainen käyttöliittymä tarvitaan
- Minkälaista tietoa on pystyttävä siirtämään käyttäjälle

Pienen tai keskikokoisen logiikan valinta määräytyy digitaalisten ja analogisten tulojen ja lähtöjen lukumäärän avulla. Näihin voidaan liittää tietty kiinteä määrä tulo- ja lähtöpiirejä. Toinen vaihtoehto on laajempi modulaarinen järjestelmä erillisillä liityntämoduuleilla. Mikäli tuloja ja lähtöjä on paljon, niin paras vaihtoehto on käyttää kenttäväyläratkaisua. Tämä vähentää kaapeleiden määrää ja kytkentätyötä huomattavasti. Kenttäväylä ratkaisua voi olla myös hyvä ratkaisu, vaikka tulojen ja lähtöjen lukumäärä on pieni. Kuljetusjärjestelmissä esimerkiksi on vain muutamia antureita ja toimilaitteita etäällä toisistaan, jolloin kenttäväylän etuudet tulevat esille.

Mikäli laitteistossa on erilaisia suljettuja ohjauspiirejä, on suositeltavaa valita logiikka mihin on valmiit liityntämoduulit säätöpiirien toteuttamiseksi.

Tämän kaltaisia moduuleita on esimerkiksi paikoituskäyttöön ja lämpötilan säätöön tarkoitetut moduulit.

Yksinkertaisimmillaan käyttöliittymä on painikekotelo, jossa on käynnistys- ja pysäytyspainikkeet sekä muutama merkkivalo, jotka osoittavan koneen tai prosessin tilan. On myös mahdollista käyttää erillistä operointipaneelia, jos käyttäjä tarvitsee enemmän tietoa prosessista. Nykyään operointipäätteet ovat isoja kosketusnäyttöllisiä paneeleita. Operointipaneeli tarvitsee yleensä jonkin kommunikointiportin (sarjaliikenneportti) jonka kautta logiikka ja paneeli keskustelelevat keskenään. Useimmat valmistajat tarjoavat myös omiin logiikkoihinsa sopivaa operointipäätettä.

Jos laite liitetään ylemmän tason ohjausjärjestelmän alaisuuteen, vaikuttaa laitevalintaan se millä tavalla ja mitä väylää käyttäen järjestelmät keskustelelevat keskenään. Nykyään järjestelmät kommunikoivat Ethernet verkon välityksellä TCP/IP-protokollalla. Ethernetin käytön etuna on myös, että logiikkajärjestelmä voidaan liittää osaksi yrityksen tietojärjestelmää ilman ohjelmistoja ja liityntäkortteja.

Eri logiikoiden ohjelmalliset ominaisuudet voivat poiketa toisistaan huomattavasti. Ohjelmoitsijan ei tarvitse kirjoittaa eri ohjelmallisia toimintoja itse, koska osalla laitevalmistajista on niitä valmiina suuria määriä.

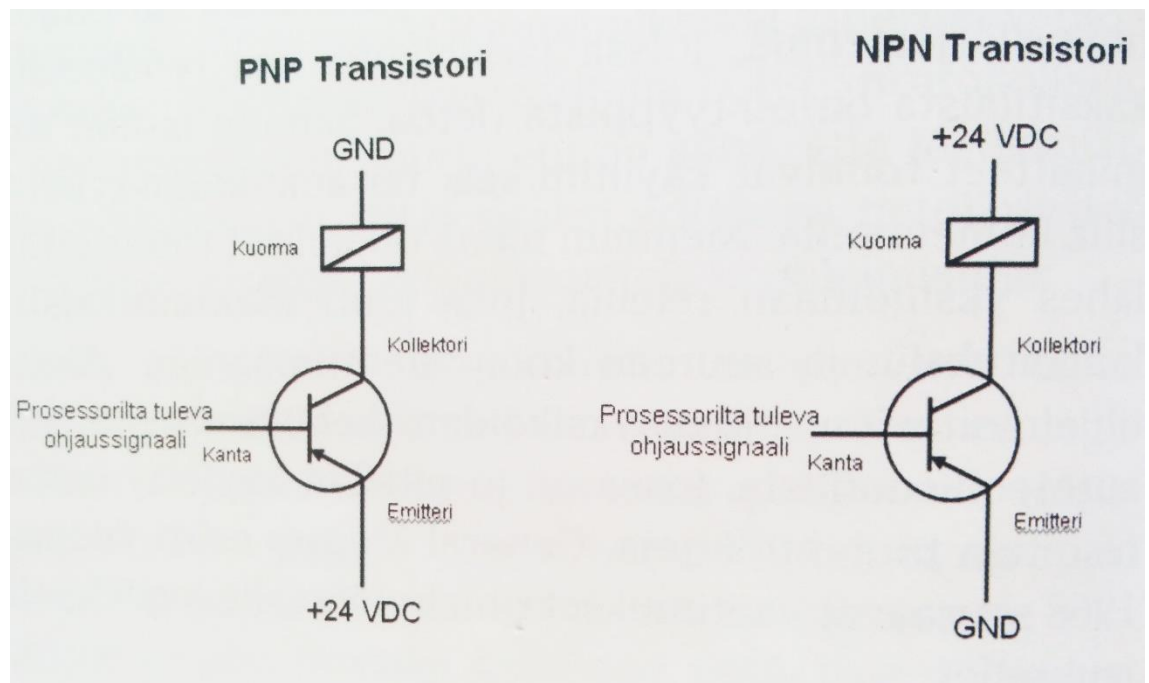
Prosessit jaotellaan tyypillisesti kahteen eri kategoriaan, sekvenssi- eli jatkuvasti toistuviin ja diskreetti- eli epäjatkuviin. Sekvenssi-prosessissa eri vaiheet seuraavat toisiaan aina samassa järjestyksessä askelittain. Taas diskreetissä prosessissa eri toiminnot voivat käynnistyä missä tahansa järjestyksessä toisistaan riippumatta. Kulloinkin voimassa olevat käynnistys ehdot määräävät toimintajärjestyksen. Luonteeltaan sekvenssiprosesseja ovat: kokoonpanoautomaation prosessit, työstökoneen palvelu ja kappaleenkäsittely. Taas joustavat tuotantojärjestelmät ja prosessiautomaation prosessien luonne ovat diskreettejä prosesseja. Näistä molemmista prosessityypeistä esiintyy piirteitä yleensä kaikissa ohjattavissa prosesseissa. (Keinänen 2007, 220-221.)

7 LOGIKKATYYPIT

Askeltaviksi logiikoiksi kutsutaan tikapuuperiaatteella toimivia laitteita. Muita kutsutaan vapaasti ohjelmoitaviksi logiikoiksi. PLC-laitteiden periaatteellinen ero tulee niiden valmiudesta suorittaa eri ohjaustoimintoja.

Nykyisin logiikat jaetaan kahteen ryhmään sen perusteella ovatko ne kiinteällä määrällä IO-paikkoja varustettuja vai erilaisista moduuleista kokoonpantavia laitteistoja. Kiinteä määräisillä IO-paikoilla varustetut logiikat sopivat yleensä pieniin, yksittäisten laitteiden ohjauksiin, jotka ovat edullisia toteuttaa. Näissä logiikoissa ei normaalisti ole mahdollisuutta esimerkiksi kenttäväylän käyttämiseen. Käyttäjä voi modulaarisessa logiikkajärjestelmässä valita kulloiseenkin eri tilanteeseen sopivat IO- ja kenttäväylämoduulit. Nämä modulaariset logiikkajärjestelmät sopivat hyvin monimutkaisten ja isojen järjestelmien ohjaamiseen.

Logiikat voivat olla kytkentäteknisesti joko PNP- tai NPN-tyyppisiä. Japanissa ja USA:ssa käytetään yleisesti negatiivisesti kytkeytyviä eli NPN-logiikoita, kun taas Euroopassa ja Suomessa käytetään positiivisesti kytkeytyviä. Näiden logiikoiden eron voi huomata lähinnä logiikan tuloja kytkettäessä, Virran kulkusuunta on eri tyypeissä päinvastainen. Positiivisesti kytkeytyvissä antureilta saapuva signaali kulkee logiikkaan päin. Logiikkaan kytkettävät anturit tulee valita kytkentätyypin mukaan, joten logiikan IO-piirien tyyppi on tärkeää tietää.



Kuva 8 PNP- ja NPN transistori (Keinänen 2007, 222).

7.1 Askeltava logiikka

Askeltavan logiikan automaation hierarkia on suoraviivainen. Se etenee askel askeleelta eteenpäin. Näitä laitteita käytettiin korvaamaan releohjattuja ja pneumaattisia logiikkajärjestelmiä niiden edullisen hinnan ja helpon muunneltavuuden takia. Nykyään tällaisia askeltamalla toimivia logiikoita ei ole enää saatavilla, mutta askelohjauksia voidaan toteuttaa ohjelmoitavassa logiikassa ohjelmoimalla sekvenssikaaviona. Sekvenssikaavio on yksi IEC 61131-3 standardin mukaisista ohjelmointikielistä.

7.2 Ohjelmoitava logiikka

Ohjelmoitava logiikka on oleellinen osa ohjelmoitavaa ohjausjärjestelmää. Ohjelmoitavan logiikan tulopuolen liitäntöihin kytketään järjestelmän tilaa havainnoivat aistit eli erinäköiset anturit ja lähestymiskytkimet. Lähtöpuolen kytkentöihin kytketään taas toimilaitteita joita ovat esimerkiksi sähkömoottorit, merkkilamput, releet ja magneettiventtiilit. Ohjelmoitavan logiikan muistissa oleva kirjoitettu ohjelma valvoo järjestelmän tilaa reaaliaikaisesti.

Nykyisin viisi standardoitua ohjelmointikieltä ovat yleistyneet yleisimmiksi. International Electrotechnical Commission (IEC) valmistelee ja julkaisee eri standardit eri elektroniikalle esimerkiksi logiikka ohjaimille. Sen IEC61131-3 julkaisussa organisaatio tunnistaa nämä viisi ohjelmointikieltä Ladder Diagram (LD), Instruction List (IL), Function Block Diagram (FBD), Structured Text (ST) ja Sequential Function Chart (SFC).

Kaikilla näillä ohjelmointikielillä on hyvät ja huonot puolensa. Mikään niistä ei ole ylivoimainen muihin nähden, joten valinta mitä ohjelmointikieltä käyttäisi voi olla vaikeata. Uusille ja kokemattomille insinööreillä suositellaan käytettäväksi Structured Text (ST) ohjelmointikieltä sen helppokäyttöisyyden vuoksi. Ladder Diagram (LD) hyviä puolia on taas sen universaalisten kielten hyväksyminen sekä koodin muokkaamisen helppous. Instruction List (IL) vahvuuksia ovat sen hyväksyntä Euroopassa sekä suorituksen PLC-nopeus. (Automation 2009)

7.2.1 Käskylistaohjelmointi

Käskylistaohjelmointi eli rakenteellinen tekstieditori sisältää yksinkertaisia tekstimuotoisia komentoja. Se muistuttaa Pascal ja Basic ohjelmointikieliä. Sen lausekkeet perustuvat IF-THEN-ELSE rakenteeseen. Alla muutamia esimerkkejä perustoiminnoista käskylistalla:

AND lauseke

- IF IN_A jos IN_A on vaikutettuna
- AND IN_B ja IN_B on vaikutettuna
- THEN SET OUT niin aseta OUT aktiiviseksi

OR lauseke

- IF IN_A jos IN_A on vaikuttettuna
- OR IN_B tai IN_B on vaikuttettuna
- THEN SETOUT niin aseta OUT aktiiviseksi

NOT lauseke

- IF NOT IN_A jos IN_A ei ole vaikuttettuna
- THEN SET OUT niin aseta OUT aktiiviseksi

7.2.2 Tikapuukaavio

Tikapuukaavion rakenne muistuttaa huomattavasti teollisuuden sähköpiirikaaviota. Sen käyttö onkin tästä syystä vielä varsin yleistä. Sen vasemmassa reunassa on piirikaavion virtakisko ja oikea reuna on nollakisko. Ohjelma ohjaa avautuvia ja sulkeutuvia relekoskettimia. Kun lähtöpiiriin kytketylle magneettikelalle tulee jännite, niin kela aktivoituu ja kytkee samalla toimilaitteen päälle.

7.2.3 Toimintalohkokaavio

Toimintalohkokaavio muistuttaa ulkonäöltään ohjainkortin kaaviota mikropiireillä toteutettuna. Sen rakenteessa on toisiinsa johdettuja toimintalohkoja. Lohkot sisältävät automaation perustoiminnallisuuksia esimerkiksi ajastimia, laskureita ja AND/OR portteja. (Keinänen 2007, 222-224.)

8 JOMET PAKKAUSKONE

Pakkauskone on Jometin valmistama paketointiin soveltuva pakkauskone. Sen mallinumero on Dispack PG SF 30 100. Kone on valmistunut vuonna 1993. Pakkauskone sijaitsee lakulinjaston päässä. Pakkauskoneen tarkoituksena on pakata erilliset kuvankaltaiset lakumatot laatikoihin.

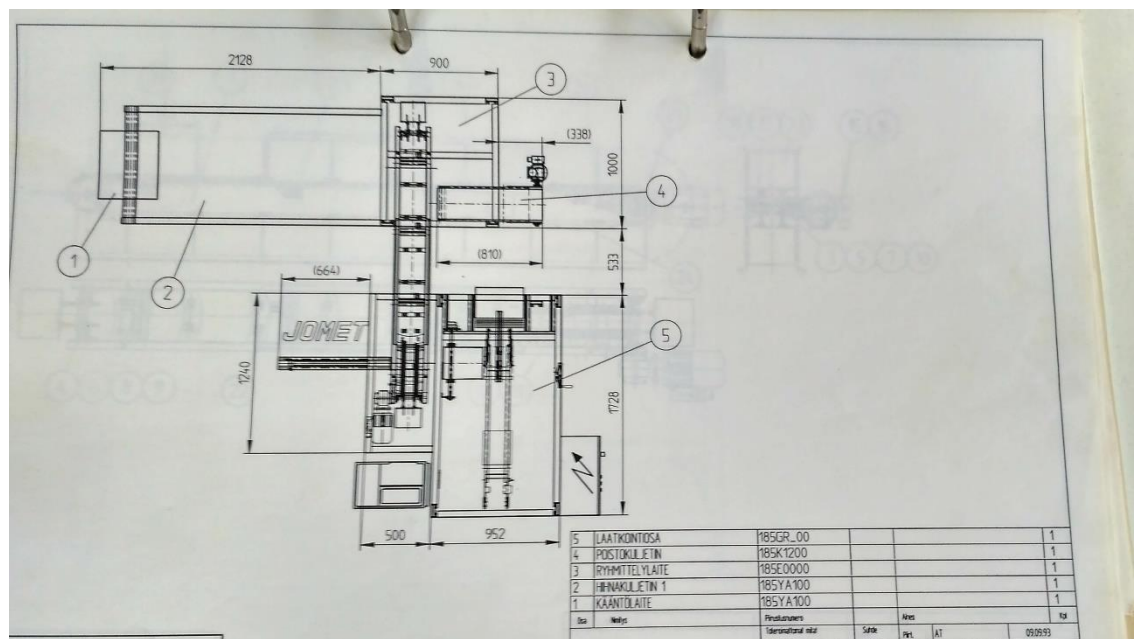


Kuva 9 Lakumatto (Dynamic.hs. n.d.).

9 JÄRJESTELMÄKUVAUS

Koneen tutustumisen myötä, aloin tehdä järjestelmä kuvausta. Järjestelmäkuvauksessa hahmotellaan koneen eri osat ja mitä kukin osa tekee. Näin ollen saadaan helposti luettava kokonaisuus koneen eri toiminnoista.

Järjestelmäkuvaksen tekoa helpotti samanaikainen tuotanto. Näin pääsin näkemään pakkauskoneen toiminnassa, jolloin koneen eri liikkeet tulivat hyvin esille ja kokonaiskuvan hahmottaminen oli helpompaa. Keskustelin myös tuotantotekijöiden kanssa pakkauskoneen toiminnoista ja he neuvoivat minua, mikäli jotain koneen toimintoa oli vaikea hahmottaa.



Kuva 10 Jomet pakkauskone piirustus

- 1) Kääntölaite
- 2) Hihnakuuljetin
- 3) Ryhmittelylaite
- 4) Poistokuuljetin (ei ole)
- 5) Laatikointi

1) Kääntölaite

- Kääntäjä
- 10 kpl ryhmän tunnistusanturia
- Ryhmän kokoamisläppä

2) Hihnakuuljetin

- Ryhmän tunnistus anturi (poisto)
- Poistoläppä (edessä)
- Sivuttainen poistoläppä

3) Ryhmittely

- Ryhmän tunnistusanturi

- Pudotuslevyt 3kpl (sylinterit 6kpl)
- Kolakuljetin
- Painin (ylä 1kpl, sivulta 2kpl)

4Poisto

5)Laatikointi

- Työnnin laatikkoon
- Aihio asetin
- Aihion vedin
- Laatikon läppien sylinterit
- Ketjukuljetin
- Liimaus 2kpl
- Puristussilta

Kuvassa jomet pakkauskone kokonaisuudessaan. Taustalla näkyy lavaaja. Paketoinnin jälkeen paketit siirtyvät vielä lavaajalle, joka kokoaa paketit lavan päälle pinoon.



Kuva 11 Pakkauskone kokonaisuus

Pakkauskoneen alkupäässä sijaitsee anturiryhmä. Ensiksi anturiryhmä tarkastaa lakumattokääreet. Havaittuaan kaikki lakumatot paikoillaan, ryhmäntunnistus nostaa siltaläpän ylös ja päästää lakumatot seuraavalla hihnakuljettimelle.



Kuva 12 Anturiryhmä ja pystykäänninyksikkö

Pakkauskoneeseen kuuluu pystykäänninyksikkö, joka kääntää lakumatot oikeinpäin. Hihnakuljettimella anturit tarkastavat, että kaikki lakumatot ovat paikallaan, muutoin siirrin työntää ryhmän poistokaukaloon. Tarkastuksen läpi päästyään lakumatot siirtyvät ryhmittelylaitteelle.

Ryhmittelylaite ryhmittelee lakumatot eri kerroksiin. Sopivan määrän laskettuaan sylinteri avaa läpän josta lakumatot putoavat kolakujettimelle.



Kuva 13 Ryhmittelylaite

Kolakuljetin siirtää lakumattoryhmät eteenpäin. Seuraavassa vaiheessa laatikkoon työnnin työntää sylinterin lakumattoryhmän avoimeen laatikkoon. Ennen tätä prosessia laatikon aihioasetin on ottanut uuden laatikon pinosta ja asettanut sen valmiiksi paikalleen lakumattoryhmää varten. Tämä toistuu heti laatikon siirryttyä seuraavaan vaiheeseen.



Kuva 14 Laatikkoon työn ja aihion asetus

Seuraavaksi täysi laatikko siirtyy liimauslaitteelle. Liimauslaite liimaa laatikon yhteen molemmilta puolilta laatikkoon kahdella liimavanalla. Tämän jälkeen sylinterit puristavat laatikon läpät kiinni. Seuraavaksi laatikot siirtyvät lavaajalle pinottavaksi.



Kuva 15 Liimauslaite

Pakkauskonetta ohjataan ohjauspaneelista. Ohjauspaneelissa on käynnistys, seis, kuitaus ja tyhjennysnappulat. Siinä on myös säädin tuotteen valitsimille sekä liimauslaitteen päälle kytkentävalitsin. Ohjauspaneelissa on myös moottorinsuojamerkkivalo, nopeudensäätövalitsin sekä hätäseis-painike.



Kuva 16 Pakkauskoneen ohjauspaneeli

10 VANHAN LAITTEISTON KARTOITUS

Työn suunnittelu aloitettiin kartoittamalla vanha logiikka. Näin saatiin selville, minkälaisen logiikan pakkaus kone tarvitsee toimiakseen kunnolla. Vanha logiikka oli Festo Electronicin FPC-405 malli. Vanhassa logiikassa oli käytössä 50kpl tuloja ja 37kpl lähtöjä. Tein listan vanhoista tuloista ja lähdöistä helpottamaan uuden logiikan valitsemista sekä uuden ohjelman ohjelmointia. Kts, Liite



Kuva 17 Vanha logiikkalaitteisto

11 UUSI LAITTEISTO

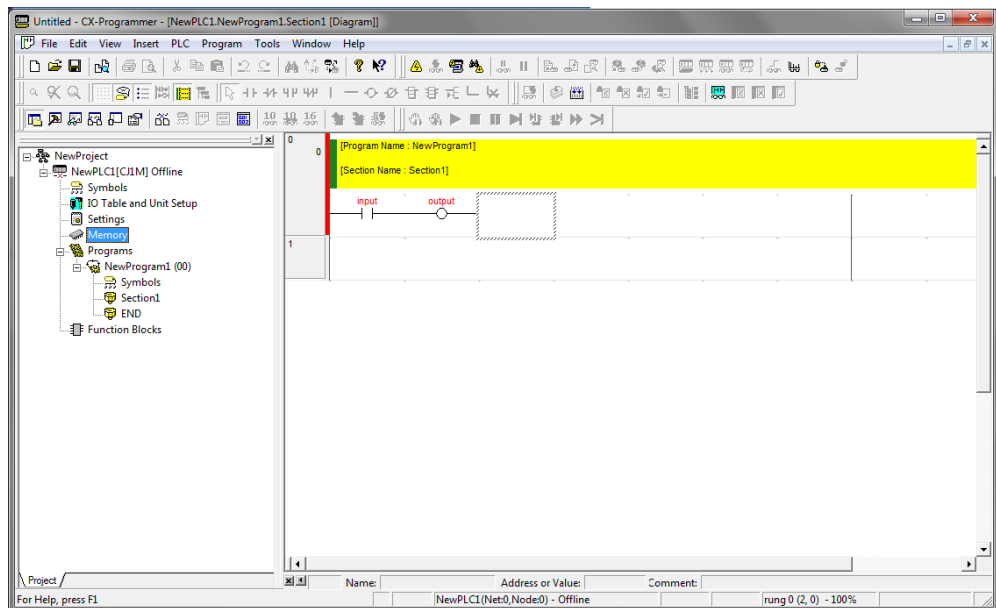
Projektin alussa tutkimme yhdessä toimeksiantajan kanssa eri logiikkavaihtoehtoja. Eri vaihtoehtoina oli logiikoita siemensiltä ja omronilta. Toimeksiantajan mieltymys oli omronin logiikoihin, koska tehtaalla oli käytössä useita sen merkkisiä logiikoita. Näin ollen tehtaan logiikoiden ohjelmointi ja tuotetuki olisi helposti hallittavissa, kun useissa tehtaassa eri koneissa käytettäisiin saman valmistajan logiikoita.

Aloin tutkia omronin logiikoiden eri tuotemalleja ja selvittämään sopisiko jokin niistä tähän projektiin. Kun vanhasta laitteesta oli selvitetty tulojen ja lähtöjen määrä tiesin kuinka paljon vähintään, tarvitsisimme I/O aluetta. Muutamia eri vaihtoehto sopi tähän rajaukseen. Halusimme kuitenkin vielä varmistaa asiantuntijoilta, mikä olisi paras ratkaisu tähän tilanteeseen ja kutsuimme logiikoihin erikoistuneelta yritykseltä muutaman asiantuntijan paikankäälle antamaan oman mielipiteensä. Lopulta päädyimme Omronin valmistamaan logiikkaan.

<i>Komponentti</i>	<i>Malli</i>	<i>Kappalemäärä</i>
CPU	CJ2M-CPU 321	1kpl
Power Supply, 24VDC	CJIW-PDO 22	1kpl
Digital input 16x 24VDC transistor input	CJIW-ID 211	3kpl
Digital output 16x 24VDC transistor output	CJIW-OD 211	3kpl
Ohjelmisto	CX-ONE V4	1kpl

Taulukko 1 Tilauslista

Komponenttien saavuttua pääsin tutustumaan ja testaamaan ohjelmistoa. Asensin CX-one ohjelmiston tietokoneelleni ja aloin tutustua sen käyttöliittymään ja eri toimintoihin. Kokosin myös komponentit yhteen ja testasin, että kaikki toimi niin kuin pitikin. Sain yhteyden toimimaan logiikan ja tietokoneeni välillä. Näin ollen logiikka on valmis vastaanottamaan logiikkaohjelman ja asennettavaksi pakkauskoneen sähkökaappiin.



Kuva 18 CX-One käyttöliittymä (plccompare n.d.).

12 TYÖN EDISTYMINEN

Työn alkuvaiheet sujuivat helposti ja pääsin työssä hyvin liikkeelle. Suunnittelu vaiheessa mietin aikataulutusta valmiiksi ja sitä mitenkä projektissa edettäisiin. Keskustelin ja kerroin ideoistani toimeksiantajan kanssa ja sovimme aina työn seuraavista vaiheista yhdessä.

Työn edistyessä, huomasin kuinka isosta prosessista olisikaan kysymys. Työssä oli niin paljon suunnittelua ja uuden asian oppimista sekä vastuun ottamista, että projektin suuruus olisi paljon isompi mitä perinteinen ammattikorkeakoulun opinnäytetyö vaatii. Projekti vaatisi myös paljon erilaista aikataulun suunnittelua, milloin mitäkin tehtäisiin ja mitenkä se aikataulutettaisiin tehtaan tuotannon kanssa. Tajusin että en pystyisi tekemään koko projektia yksin, vaikka yrityksen muut työntekijät auttaisivatkin minua sen mitä osaisivat. Joten sovimme tilaajayrityksen kanssa, että ammatillainen tulisi tekemään ohjelmointiohjelman. Tällöin minulle jäi koneeseen tutustumisen lisäksi, järjestelmäkuvauksen luonti, sopivien osien löytäminen ja niiden hankkiminen sekä IO-listan luonti, dokumentoisiin myös prosessin aikana kaiken tarvittavan. Tulisni olemaan myös mukana ohjelman luonnissa ammatilaisen kanssa sekä tietenkin auttamassa kaikessa mitä tarvetta tulisikaan.

Tähän ratkaisuun päädyttiin, koska näin ollen projekti tulisi päätökseen mahdollisimman pienellä määrällä ongelmia. Näin myös varmistettaisiin, ettei toimeksiantajalle tulisi mitään tuotannollisia ongelmia ja viivästyksiä sekä mahdollisia tappioita.

Valitettavasti projektia ei saatu valmiiksi tämän opinnäytetyön aikana, jolloin tulosten saantia en voinut raportoida tähän työhön. Projekti tullaan to-

dennäköisesti viemään loppuun lähitulevaisuudessa, kunhan tuotantoaika-
taulut saadaan sovitettua yhteen. Tulen myös toivottavasti olemaan mukana
auttamassa projektin viemistä päätökseen.

13 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli uudistaa pakkauskoneen logiikkajärjestelmä Oy Halva
AB:lle Pitäjänmäen tehtaaseen Helsinkiin. Tällä tavoin saavutettaisiin pak-
kauskoneen toimintavarmuus ja logiikan tuotetuki tulevaisuudessa. Opin-
näytetyön tavoite muuttui kesken prosessin, jolloin logiikan ohjelmointi jäi
pois työstä.

Vaikka työn tavoite muuttuikin työn edetessä, opetti koko prosessi hyvin
paljon minua mitä tämänlainen iso projekti vaatii. Pelkästään aikataulutus
näin isossa projektissa on vaikea tehtävä. Onnistuin mielestäni myös hyvin
annetuissa tehtävissäni mitä sain työn tavoitteen muututtua.

Omaa kehittymistä arvioidessani, olivat lähtökohdat hyvin erilaiset mitä ne
ovat työn loputtua. Työ vaati todella paljon oppimiani asioita konetekniikan
insinööriopintojani. Oppimani asiat koulussa olivat todella tärkeitä tämän
työn kannalta. Joitakin asioita piti opetella pelkästään kokeilemalla, mutta
onneksi sain apua myös ammattilaisilta. Koko prosessi kehitti minua todella
paljon tulevaa työelämää varten.

Näin lopuksi on helppo todeta, että projekti oli turhan iso toteutettava ko-
konaan yksin ja joitakin asioita olisi voinut toteuttaa toisin, mutta nyt pro-
jektilla on hyvä pohja ja se saadaan toivottavasi vietyä helpommin loppuun.

LÄHTEET

OY Halva AB. Viitattu 22.03.2016. <https://www.halva.fi/oy-halva-ab/>

Ohjelmoitava logiikka. Viitattu 18.05.2016.
https://fi.wikipedia.org/wiki/Ohjelmoitava_logiikka

Automation (2009). Ohjelmoitava logiikka. Viitattu 18.05.2017 osoitteesta
https://www.automation.com/pdf_articles/IEC_Programming_Thayer_L.pdf

Grispin. 1997. Programmable logic controllers and their engineering applications. New York: McGraw-Hill

Kataja, Metsikkö 1985 Ohjelmoitava logiikka. Espoo: Suomen sähköura-koitsijat.

Keinänen. 2007. Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat. Helsinki: WSOY.

Värjä, Mikkola. 1995. Ohjelmoitavat logiikat. Kuusankoski: Mikro-oppi.

Haastattelut

Timo Karppinen. Älykkäät anturit. Etähaastattelu 9.5.2017

Kuvalähteet

Siemens (n.d.). Siemens s7 1200 ohjauspaneeli (viitattu 25.4.2016). Saatavissa:
http://www.siemens.fi/pool/products/industry/iadt_is/tuotteet/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat_logiikat/s7_1200/simatic_s7-1200_ohjauspaneeli.jpg

Siemens (n.d.). Siemens simatic s7-300 (viitattu 28.4.2016). Saatavissa:
http://www.siemens.fi/pool/products/industry/iadt_is/tuotteet/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat_logiikat/s7_300/s7-300c.jpg

Yeint (n.d.). Omron rajakytkin rullavivulla (viitattu 18.5.2016). Saatavissa:
http://www.yeint.fi/productPics/large/D4N_112G.jpg

Img.directindustry (n.d.). Induktiivinen lähestymisanturi (viitattu 8.6.2016). Saatavissa:
http://img.directindustry.com/images_di/photo-g/15137-2738947.jpg

Keinänen. 2007. *Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat*. Helsinki: WSOY.

Dynamic.hs (n.d.). Lakumatto (viitattu 18.1.2017). Saatavissa: <http://dynamic.hs.fi/lakritsiarviot/lakut/5.jpg>

Plccompare (n.d.). CX-One käyttöliittymä (viitattu 15.2.2017). Saatavissa:
<http://plccompare.com/wp-content/uploads/2011/04/CX-One.png>

IO-lista Lakritsipatukoiden pakkauskone

Tulot

Parametri	Positio	Nimitys
I0.0		Lukitus
I0.1	S01	Käynnistys
I0.2	S02	Kuittaus
I0.3	S03	Tyhjennys
I0.4	S04	Tuotevalinta 1
I0.5	S04	Tuotevalinta 3
I0.6	S04	Tuotevalinta 5
I0.7	S04	Tuotevalinta 7
I0.8		Hätäseis OK
I0.9		Lupa seuraavalta järjestelmältä
I0.10		Liimalaite OK
I0.11		Gram ei tuotetta
I0.12		Gram manuaalinen ohiajo
I0.13		
I0.14		
I0.15	U1	Hihnakuljetin M2, Taajuusmuuttaja häiriö
I1.0	S10	M1 Kääntynyt myötä päivään
I1.1	S11	M1 Kääntynyt vastapäivään
I1.2	S12	M3 Lokerokuljetin paikannus
I1.3		
I1.4	S14	M4 Laatikonsiirtokuljetin paikannus
I1.5		
I1.6		
I1.7		
I1.8	S18	Oviraja kolakuljetin
I1.9	S19	Oviraja laatikkoon työnnin
I1.10	S110	Oviraja kääntölaite
I1.11	S111	Oviraja pudotuslaite
I1.12	S112	Oviraja ohipakkauskuljetin
I1.13	S113	Oviraja laatikointi
I1.14		
I1.15		

Opinnäytetyön nimi

I21.00	S2100	Ryhmän tunnistus 1
I21.01	S2101	Ryhmän tunnistus 2
I21.02	S2102	Pudotuskelkka takana
I21.03	S2103	Pudotuskelkka edessä
I21.04	S2104	Pudotuslevy 1 etu, takana
I21.05	S2105	Pudotuslevy 1 taka, takana
I21.06	S2106	Pudotuslevy 2 etu, takana
I21.07	S2107	Pudotuslevy 2 taka, takana
I21.1.0	S2110	Pudotuslevy 3 etu, takana
I21.1.1	S2111	Pudotuslevy 3 taka, takana
I21.1.2	S2112	Painin ylhäällä, ohipakkaus
I21.1.3	S2113	Työnnin 1 takana, ohipakkaus
I21.1.4	S2114	Työnnin 2 takana, ohipakkaus
I21.1.5	S2115	Laatikkoon työntö takana
I21.1.6	S2116	Laatikkoon työntö keskellä
I21.1.7	S2117	Laatikkoon työntö edessä
I21.2.0	S2120	Silta ylhäällä
I21.2.1	S2121	Silta alhaalla
I21.2.2	S2122	Ketjusiirto 0-piste
I21.2.3	S2123	Aihion nouto ylhäällä
I21.2.4	S2124	Aihion nouto alhaalla
I21.2.5	S2125	Aihio paikalla
I21.2.6	S2126	Aihiot vähissä
I21.2.7	S2127	Vasen alaläpän taivutin välirajalla
I21.3.0	S2130	Oikea alaläpän taivutin välirajalla
I21.3.1	S2131	Liimaus aloitus
I21.3.2		
I21.3.3		

Lähdöt

Parametri	Positio	Nimitys
O0.0	AK00	Käyrelle
O0.1	AK01	Edellisen järjestelmän ohjaus
O0.2	H02	Seisvalo
O0.3	H03	Huomiovalo
O0.4	H04	Hälytysvilkku
O0.5	AK05	Dispack hätäseis OK
O0.6		
O0.7		
O0.8	K08	Pystykäntöyksikkö M1 moottorille jännite
O0.9	K09	Pystykäntöyksikkö myötä päivään M1

Opinnäytetyön nimi

O0.10	K09	Pystykääntöyksikkö vastapäivään M1
O0.11	AK011	Hihnakuljetin M2 eteen
O0.12	K012	Lokerokuljetin M3 eteen
O0.13	AK013	Hihnakuljetin M2 nopeus 2
O0.14	K014	Laatikon siirtokuljetin M4 eteen
O0.15		
O1.0	K100	Kuljetin M5 eteen, ohipakkaus
O1.1		
O1.2		
O1.3		
O1.4		
O1.5		
O1.6		
O1.7		
O1.8		
O1.9		
O1.10		
O1.11		
O1.12		
O1.13		
O1.14		
O1.15		
O21.0.0	Y2100	1. Pudotusläpät kiinni
O21.0.1	Y2101	2. Pudotusläpät kiinni
O21.0.2	Y2102	3. Pudotusläpät kiinni
O21.0.3	Y2103	Aihion nouto ylös
O21.0.4	Y2104	Vetovarren kannatus + imu
O21.0.5	Y2105	Takapikkuläpät kiinni
O21.0.6	Y2106	Etupikkuläpät kiinni
O21.0.7	Y2107	Taka-alaläppä kiinni
O21.1.0	Y2110	Etualaläppä kiinni
O21.1.1	Y2111	Yläläpät kiinni
O21.1.2	Y2112	Rivin pysäytin alas
O21.1.3	Y2113	Painin alas, ohipakkaus
O21.1.4	Y2114	Työnnin 2 eteen, ohipakkaus
O21.1.5	Y2115	Työnnin 1 eteen, ohipakkaus
O21.1.6		
O21.1.7		
O21.2.0	Y2120	Silta alas
O21.2.1	Y2121	Silta ylös
O21.2.2	Y2122	Laatikkoon työntö eteen
O21.2.3	Y2123	Laatikkoon työntö taakse

Opinnäytetyön nimi

O21.2.4	Y2124	Pudotuskelkka kolakujetin sisään
O21.2.5	Y2125	Pudotuskelkka kolakujetin ulos
O21.2.6		
O21.2.7		
O21.3.0	Y2130	Pääventtiili
O21.3.1	Y2131	Liimaus vasen
O21.3.2	Y2132	Liimaus oikea
O21.3.3		

Taulukko 2: Liite 1: IO-lista